

PORT A IMPEDANCES

I X 3 1 7 A

NOTICE TECHNIQUE

IM 404

Edition Septembre 1968  
IC 3.1832



M E T R I X

A N N E C Y

F R A N C E

P O N T A I M P E D A N C E S

I X 3 1 7 A

N O T I C E T E C H N I Q U E

I M 4 0 4

M E T R I X

Département - Instrumentation  
de la Société des Produits Industriels  
I T T

Edition Septembre 1968

IC 3.1832

# TABLE DES MATIERES

I M 4 0 4

	Pages
I - GENERALITES	1
1.1. But	1
1.2. Principe	2
II - CARACTERISTIQUES TECHNIQUES	3
III - MISE EN ŒUVRE	6
3.1. Opérations préliminaires	6
3.2. Mesures comparatives avec étalons	7
3.3. Mesure des résistances	7
3.4. Mesure de selfs	8
3.5. Mesure de capacités	9
IV - CONCEPTION DE L'APPAREIL	11
4.1. Mesures comparatives	11
4.2. Mesure de résistances	11
4.3. Mesure de selfs de bonne qualité	12
4.4. Mesure de selfs ayant un faible coefficient de qualité	13
4.5. Représentation série ou parallèle d'une self	14
4.6. Mesure de capacités de bonne qualité	15
4.7. Mesure de capacités ayant un faible coefficient de qualité	16
4.8. Représentation série ou parallèle d'un condensateur	18
4.9. Amplificateur	18
4.10. Alimentation stabilisée	19

LISTE DE PIECES ELECTRIQUES I

## PLANCHES

1 Schéma de principe	IC 1.1028
1 Schéma vue avant	IC 3.1766

IC 3.1832

## CHAPITRE I

### GENERALITES

#### 1.1. BUT

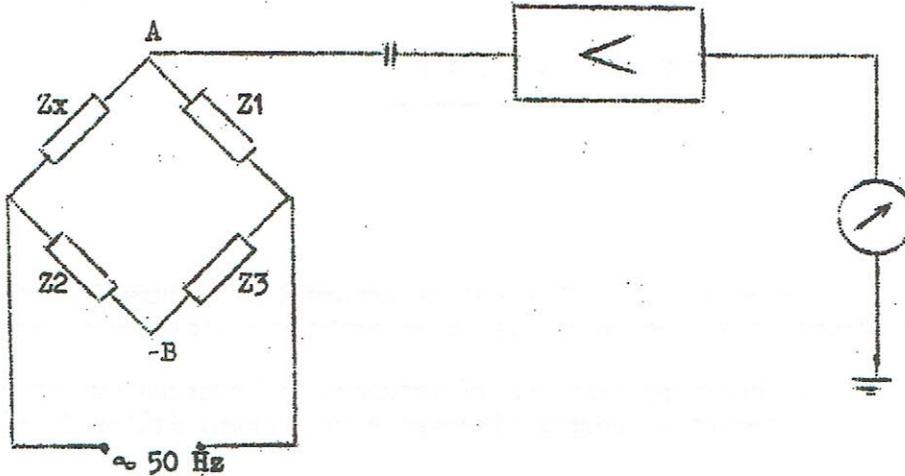
Le pont RLC IX317 A est un appareil de mesure de précision, de petites dimensions. Ses possibilités et avantages sont les suivants :

- Mesure précise des résistances inductances et capacités directement ou comparativement à un élément étalon de même nature.
- Mesure directe de l'angle de pertes  $tg\Delta$  ou du coefficient de qualité  $Q$ .
- Anneau de garde garantissant une mesure précise des éléments de forte valeur, par annulation des conductions superficielles.
- Polarisation par pile des condensateurs de forte valeur (chimique, titanate de baryum, etc...) donnant la possibilité de mesurer ceux-ci dans des conditions réelles d'emploi.
- Deux échelles de lecture sur cadran rectiligne : l'une donne le chiffre significatif de l'élément à mesurer, à multiplier par un coefficient indiqué par le commutateur à touche des gammes, l'autre, linéaire donne directement la valeur de l'angle de pertes  $tg\Delta$  ou du coefficient de qualité  $Q$  suivant la position de la touche du commutateur de fonction.
- L'accord du pont est réalisé par un galvanomètre indicateur de zéro.

Le pont IX317 A est un appareil de faible encombrement. Il est alimenté par secteur, facilement transportable.

1.2. - PRINCIPE

Le pont à impédances IX317 A découle du pont de Wheatstone. Une diagonale du pont est alimentée par une tension alternative de 50 Hz. L'autre diagonale est constituée d'un détecteur comprenant un amplificateur et un galvanomètre indicateur.



L'équilibre est réalisé lorsque les points A et B sont au même potentiel et l'équation d'équilibre est :  $Z_x Z_3 = Z_1 Z_2$

$$\text{ou } (R_x + jX_x) (R_3 + jX_3) = (R_1 + jX_1) (R_2 + jX_2)$$

ce qui entraîne en égalant parties réelles et imaginaire

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_2}{R_3} \quad \text{et} \quad \frac{X_x}{X_1} = \frac{X_2}{X_3}$$

Il y a donc deux conditions d'équilibre :

- l'une pour les résistances R
- l'autre pour les réactances X

S'il s'agit de résistances pures (pas de réactances) la mesure s'effectue avec un seul réglage.

## CHAPITRE II

CARACTERISTIQUES TECHNIQUESMESURE DE RESISTANCES : 0,01  $\Omega$  à 100 M $\Omega$  en 8 gammesPrécision :

Gammes	:	0,1 $\Omega$	de	0,1 $\Omega$	à	1 $\Omega$	$\pm$ 5 %	) de la valeur indiquée $\pm$ 0,25 % de l'échelle totale pour la gamme utilisée
		1 $\Omega$	de	1 $\Omega$	à	10 $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		10 $\Omega$	de	10 $\Omega$	à	100 $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		100 $\Omega$	de	100 $\Omega$	à	1 k $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		1 k $\Omega$	de	1 k $\Omega$	à	10 k $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		10 k $\Omega$	de	10 k $\Omega$	à	100 k $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		100 k $\Omega$	de	100 k $\Omega$	à	1 M $\Omega$	$\pm$ 1 %	
		10 M $\Omega$	de	10 M $\Omega$	à	100 M $\Omega$	$\pm$ 3 %	

MESURE DE CAPACITES : 1 pF à 10 000  $\mu$ F en 8 gammesPrécision :

Gammes	:	1000 $\mu$ F	de	1000 $\mu$ F	à	10 000 $\mu$ F	$\pm$ 5 %	) de la valeur indiquée $\pm$ 0,5 % de l'échelle totale pour la gamme utilisée.
		10 $\mu$ F	de	10 $\mu$ F	à	100 $\mu$ F	$\pm$ 1 %	
		1 $\mu$ F	de	1 $\mu$ F	à	10 $\mu$ F	$\pm$ 1 %	
		0,1 $\mu$ F	de	0,1 $\mu$ F	à	1 $\mu$ F	$\pm$ 1 %	
		10 nF	de	10 nF	à	100 nF	$\pm$ 1 %	
		1 nF	de	1 nF	à	10 nF	$\pm$ 1 %	
		100 pF	de	100 pF	à	1000 pF	$\pm$ 1 %	
		10 pF	de	10 pF	à	100 pF	$\pm$ 3 % - Cr*	

\*Cr : capacité résiduelle inférieure à 10 pF.

Tension continue de polarisation : 1,5 V par pile sur les gammes 1  $\mu$ F - 10  $\mu$ F - 1000  $\mu$ FMESURE DES INDUCTANCES :10  $\mu$ H à 10 000 H en 8 gammes  
précision :  $\pm$  3 % de 100  $\mu$ H à 10000 H.MESURE DES PERTES :Elle donne un ordre de grandeur de  $tg\Delta$  et de Q  
 $tg\Delta$  de 0 à  $\infty$ .  $tg\Delta = \frac{1}{Q}$ lecture directe du coefficient de surtension Q : 0 à 13  
lecture directe de l'angle de pertes  $tg\Delta$  : 0 à 13Ces mesures ont un sens pour des capacités supérieures à 1000 pF  
Pour des capacités inférieures à 1000 pF, l'accord correspond à une compensation des pertes propres à l'impédance à mesurer plus celles du pont.

COMPARAISON DES IMPEDANCES :

- 20 % à + 20 %

Résiduelle C sur "X" environ 2 pF

Résiduelle R sur "ETALON" environ 0,05  $\Omega$ ALIMENTATION :

110/115 - 127 - 220/230 V      50 - 60 Hz

CONSOMMATION :

2 VA environ.

DIMENSIONS :

Largeur : 297 mm ; hauteur : 177 mm ; profondeur : 212,5 mm.

MASSE :

5 kg.

ACCESSOIRESACCESSOIRES LIVRES AVEC L'APPAREIL

Référence	Désignation
AG0103	1 câble bifilaire blindé banane/banane
AA0032	1 pince crocodile
AL0021	1 pile 1,5 V
AA0677	4 fusibles 0,05 A semi-temporisés
AA0860	2 Fusibles 0,1 A semi-temporisé pour Alimentation 110 V.
AA0893	1 pince crocodile isolée rouge
AA0894	1 pince crocodile isolée noire
BG0132	1 boîtier de garde
GH0028	1 Clé de serrage
AE0120	1 housse
IG0906	1 bon de garantie
IM404	1 notice technique française

IC 3.1832

CHAPITRE IIIMISE EN OEUVRE

Se reporter à la planche 1 qui donne une vue avant de l'appareil avec les différentes commandes. Celles-ci sont repérées par un numéro d'ordre suivi d'un symbole qui correspond au repère topologique figurant sur le schéma de principe.

Nota : L'appareil étant livré sans pile, il est nécessaire de prévoir sa mise en place lors de la première utilisation de l'appareil. Le logement de la pile est situé sous l'appareil. Un couvercle permet d'y accéder.

3.1. - OPERATIONS PRELIMINAIRESSur le panneau arrière

- Placer le contacteur sélecteur de tension sur la position correspondant au réseau local. La fréquence du réseau doit être de 50 - 60 Hz.
- Vérifier l'état du fusible F1 protégé par un bouchon porte-fusible.
- Pour une tension secteur de 110 V, utiliser le fusible AA0660 de 0,1 A. Pour une tension secteur de 220 V, mettre le fusible AA0677 de 0,05 A.

A l'intérieur de l'appareil

- a) Après avoir ôté le panneau inférieur maintenu par les deux vis des pieds arrière, vérifier le fusible F2 situé sur la plaquette alimentation.
- b) Après avoir ouvert la porte de visite située à l'arrière de l'appareil vérifier l'état de la pile 1,5 V. La replacer correctement.

Nota : La tension de la pile peut également être vérifiée en branchant un voltmètre sur les douilles X en appuyant sur les contacteurs C et 1000  $\mu$ F.

Sur le panneau avant :

- Mettre l'interrupteur (9) sur M, après avoir branché l'appareil au secteur, le voyant rouge (10) s'allume.
- L'appareil est prêt à être utilisé.

### 3.2. - MESURES COMPARATIVES AVEC ETALONS

Les mesures comparatives permettent de vérifier rapidement les pièces détachées en les comparant à un élément étalon. Elles permettent de voir si un élément est dans les tolérances spécifiées.

- Brancher l'élément étalon Résistance, Self, ou Condensateur aux bornes douilles + ETALON - . L'étalon et l'élément à comparer doivent être de même nature et de valeur proche.

Pour les condensateurs polarisés, il est recommandé de respecter les polarités indiquées sur la platine.

- Brancher la résistance self ou condensateur à mesurer entre - et + de X.
- Appuyer sur la touche %.
- Enfoncer la touche 10 k $\Omega$  du clavier de gamme (6)
- Rechercher l'équilibre du pont (minimum de courant au galvanomètre (2)) à l'aide de la commande X.

Si l'accord ne peut être réalisé, c'est que l'écart entre la valeur de l'élément à mesurer et de l'étalon dépasse  $\pm 20$  %.

- Effectuer la lecture sur l'échelle %.

### 3.3. - MESURE DE RESISTANCES

#### 1 ) Ordre de grandeur connue

- Brancher la résistance entre les douilles - et + de X.

Nota : Il est recommandé lors de mesure de résistances de forte valeur et pour éviter les effets de mains qui apportent une erreur de mesure de placer dans les douilles garde le boîtier de garde BGO132.

- Enfoncer la touche R.
- Enfoncer la touche du clavier de gammes (6) correspondant à la valeur de la résistance à mesurer.
- Rechercher l'équilibre à l'aide de la commande X pour obtenir une déviation minimum de l'aiguille du galvanomètre.

Lorsque l'aiguille du galvanomètre tend vers 0 pour un sens de déplacement de l'aiguille du cadran de mesure X, c'est dans ce sens qu'il faut rechercher l'équilibre.

Nota : Si l'accord n'a pu être réalisé lorsque l'aiguille du cadran est à l'extrême droite ou gauche des échelles, appuyer sur la touche gamme immédiatement, supérieure ou inférieure, puis rechercher l'équilibre.

- Effectuer la lecture sur l'échelle X.

$$R_x = (\text{lecture cadran}) \cdot \dots$$

## 2 ) Ordre de grandeur inconnue

Mettre l'aiguille au milieu du cadran et appuyer sur les touches de gammes jusqu'à une déviation du galvanomètre se rapprochant le plus du 0. On est alors sur la bonne gamme. Tout changement de gamme amène un déplacement de l'aiguille.

### 3.4. - MESURE DE SELFS

Deux possibilités sont offertes pour la mesure des selfs. Les selfs peuvent avoir :

- 1) un angle de pertes faible  $\text{tg}\Delta$  inférieur à 13 %, donc un coefficient de qualité élevé puisque  $\text{tg}\Delta = \frac{1}{Q}$
- 2) un faible coefficient de qualité  $Q$  inférieur à 13, donc un angle de pertes élevé puisque  $Q = \frac{1}{\text{tg}\Delta}$

Ainsi, pour les selfs de bonne qualité, il faut enfoncer la touche L  $\text{tg}\Delta$  et la touche L Q pour les selfs ayant un faible coefficient de qualité.

Pour la mesure, procéder comme suit :

- La self est branchée aux bornes - et + de X. Le capuchon de garde est mis en place.

Enfoncer : la touche L  $\text{tg}\Delta$  (la self à mesurer est représentée par un circuit LR parallèle)

Enfoncer la touche de gamme correspondant à la valeur de la self.

- a) Rechercher l'équilibre à l'aide du bouton X comme indiqué au paragraphe "Mesure des résistances".
  - b) Parfaire l'équilibre à l'aide du bouton Q  $\text{tg}\Delta$
- Refaire les opérations a et b jusqu'à l'obtention d'un même minimum avec les deux boutons X et Q  $\text{tg}\Delta$ .

Valeur de la self L = (lecture du cadran X)  $\cdot$  (l. gamme)

Valeur de la  $\text{tg}\Delta$  = lecture directe sur le cadran  $\text{tg}\Delta$

Valeur de Q =  $1/\text{tg}\Delta$

Valeur de R en parallèle sur la self  $R = \frac{L\omega}{\text{tg}\Delta}$  avec  $\omega = 2\pi f = 314$ .

Si l'équilibre n'a pu être réalisé avec  $L \text{ tg}\Delta$ , appuyer sur la touche  $L Q$ .

Reprendre les opérations précédentes pour rechercher l'équilibre. La lecture du coefficient de qualité  $Q$  est lue directement sur le cadran  $Q \text{ tg}\Delta$ .

Dans ce cas, la valeur de la résistance de self est :

$$R = \frac{L \omega}{Q} \text{ avec } \omega = 314$$

### 3.5. - MESURE DE CAPACITES

Les condensateurs peuvent avoir :

- 1) un angle de pertes  $\text{tg}\Delta$  faible inférieur à 13 %, donc un coefficient de qualité  $Q$  élevé  $Q = 1/\text{tg}\Delta$
- 2) un faible coefficient de qualité  $Q$  inférieur à 13.

- Pour les condensateurs de bonne qualité, la recherche de l'équilibre du pont s'effectue lorsque la touche  $C \text{ tg}\Delta$  est enfoncée.

- Pour les condensateurs de qualité inférieure à 13, l'accord est réalisé lorsque la touche  $C Q$  est enfoncée.

Pour les mesures, procéder comme suit :

Le condensateur est branché entre les douilles - X + en respectant les polarités pour les condensateurs polarisés. Placer la boîte de garde BG0132.

- Enfoncer la touche  $C \text{ tg}\Delta$ . La capacité à mesurer est représentée par un circuit série RC.

- Enfoncer la touche de gamme correspondant à la valeur de la capacité.

- a) - Rechercher l'équilibre à l'aide du bouton X comme indiqué au paragraphe "Mesure des résistances".
- b) - Parfaire l'équilibre à l'aide de  $Q \text{ tg}\Delta$ .

Refaire les opérations a et b jusqu'à l'obtention d'un même minimum avec les deux boutons X et  $Q \text{ tg}\Delta$ .

Valeur de C = (lecture du cadran X) • (L gammes)

Valeur de  $tg\Delta$  = lecture directe sur le cadran  $tg\Delta$

Valeur de Q =  $\frac{1}{tg\Delta}$

Valeur de R en série avec C R =  $\frac{tg\Delta}{C \omega}$  avec  $\omega = 314$

Si l'équilibre n'a pu être réalisé avec Q  $tg\Delta$ , appuyer sur la touche C Q.

Reprendre les opérations précédentes pour rechercher l'équilibre. La lecture du coefficient de qualité est lue directement sur le cadran Q  $tg\Delta$ .

Dans ce cas, la valeur de la résistance de la capacité est :

$$R = \frac{Q}{C \omega} \text{ avec } \omega = 314$$

CHAPITRE IV

CONCEPTION DE L'APPAREIL

Suivant la nature de l'élément à mesurer, différents types de ponts sont sélectionnés par le commutateur de fonction S1.

4.1. - MESURES COMPARATIVES

L'élément à mesurer  $Z_x$  est branché aux bornes - X +, l'élément de comparaison aux bornes ETALON.

L'équilibre du pont a lieu pour :

$$Z_x = \frac{R_{34} + K_1 R_{32}}{R_{30} + K_2 R_{32}} \cdot (Z \text{ ETALON}) = Z \text{ ETALON} \left( \frac{n}{100} + 1 \right)$$

avec K qui varie suivant la position du potentiomètre R32 de 0 à 1 ou 1 à 0.

Le rapport  $\frac{R_{34} + K_1 R_{32}}{R_{30} + K_2 R_{32}}$  varie de 0,8 à 1,2 d'où l'on tire

$$n = -20\% \text{ à } +20\%$$

graduations que l'on retrouve sur le cadran affecté au potentiomètre R32.

4.2. - MESURE DE RESISTANCES

C'est un pont de Wheatstone qui est utilisé.

Dans ce pont, les résistances R35 R47 sont mises en service lorsque la touche du commutateur de gammes est sur 10 MΩ. Dans tous les autres cas, ce sont les résistances R36 R48 qui sont toujours en service.

A l'équilibre du pont

$$R_x = \frac{(R_{21} \text{ à } R_{27}) \cdot (R_{32})}{R_{36} + R_{48}}$$

Le rapport  $\frac{R_{32}}{R_{36} + R_{48}}$  varie de 0 à  $\frac{5000}{4900} \neq 1$

Le coefficient multiplicateur est défini par la valeur de la résistance R21 à R27. Les résistances sont donc mesurées de 0 à  $1 \times 10 \text{ M}\Omega = 10 \text{ M}\Omega$ .

Lorsque la touche 10 M $\Omega$  est en service, les résistances R35 R47 sont en service  $R_x = \frac{R28 \cdot R32}{R35 + R47}$

Le rapport  $\frac{R32}{R35 + R47}$  varie de 0 à  $\frac{5000}{490} \approx 10$

Le coefficient multiplicateur est défini par R28 de 10 M $\Omega$ .

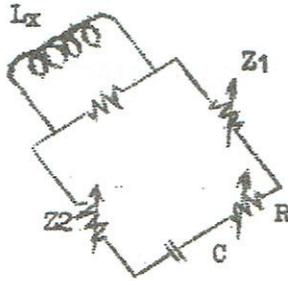
Les résistances sont donc mesurées de

0 à  $10 \times 10 \text{ M}\Omega = 100 \text{ M}\Omega$ .

La course du potentiomètre R32 est graduée de 0 à 10. Elle donne la valeur du chiffre significatif de la résistance à mesurer.

#### 4.3. - MESURE DE SELFS DE BONNE QUALITE

La touche L tg $\Delta$  du commutateur de fonction S1 est enfoncée. C'est un pont de Hay qui est utilisé, dont la représentation figure ci-contre. La self à mesurer est représentée par un circuit  $L_x R_x$  parallèle



$$\frac{1}{Z_x} = \frac{1}{R_x} - \frac{j}{L_x \omega}$$

A l'équilibre :

$$\left(R - \frac{j}{C\omega}\right) = Z1Z2 \left(\frac{1}{R_x} - \frac{j}{L_x\omega}\right)$$

ce qui entraîne :

$$L_x = Z1Z2C$$

$$R_x = \frac{Z1Z2}{R}$$

$$\text{tg}\Delta = \frac{L_x \omega'}{R_x} = RC\omega' = \text{angle de pertes}$$

$$Q = \frac{R_x}{L_x \omega'} = \frac{1}{RC\omega'} = \text{coefficient de qualité}$$

Réalisation :

Z1 = résistances R21 à R28 sélectionnées par S2a de 1  $\Omega$  à 10 M $\Omega$ .

Z2 = résistance R32 variant de 0 à 5000  $\Omega$ .

C = condensateur C12 de 0,22  $\mu\text{F}$ .

R = résistance R37 variant de 0 à 2200  $\Omega$ .

Le produit  $Z_2 C$  varie de

$$0 \text{ à } 5000 \times 0,22 \times 10^{-6} = 1100 \times 10^{-6}$$

On conserve les graduations de 0,1 à 10 sur le cadran affecté à R32 comme pour les mesures de résistances. Le coefficient multiplicateur étant défini par le commutateur de gammes S2 qui met en service les résistances R21 R22 ..... ou R28.

Les selfs sont alors mesurables de

$$0 \text{ à } 10 \times 10^6 \Omega \times 5000 \times 0,22 \times 10^{-6} \neq 11\ 000 \Omega$$

L'angle de pertes  $\text{tg}\Delta = RC\omega$  varie de

$$0 \text{ à } 2200 \times 0,22 \times 10^{-6} \times 100 \sqrt{2} \neq 0,13, \text{ soit } 13 \%$$

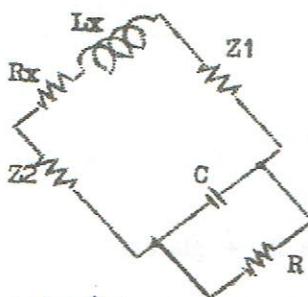
Le cadran affecté au potentiomètre R57 est gradué de 0 à 13 et donne directement la valeur de l'angle de pertes. - voir page 3.

Ayant déterminé  $L_x$  et  $\text{tg}\Delta$ , il est facile de calculer la valeur de  $R_x$  en parallèle sur  $L_x$

$$R_x = \frac{L_x \omega}{\text{tg}\Delta} \text{ avec } \omega = 2\pi f = 314.$$

#### 4.4. - MESURE DE SELFS AYANT UN FAIBLE COEFFICIENT DE QUALITE

La touche L Q du commutateur de fonction S1 est enfoncée. C'est un pont de Maxwell qui est utilisé, dont la représentation figure ci-contre. La self à mesurer est représentée par un circuit  $L_x R_x$  série



$$Z_x = R_x + j L_x \omega$$

A l'équilibre :

$$(R_x + jL_x\omega) = Z_1 Z_2 \left( \frac{1}{R} + jC\omega \right)$$

ce qui entraîne

$$L_x = Z_1 Z_2 C$$

$$R_x = \frac{Z_1 Z_2}{R}$$

$$\text{tg}\Delta = \frac{R_x}{L_x \omega} = \frac{1}{RC\omega} = \text{angle de pertes}$$

$$Q = \frac{L_x \omega}{R} = RC\omega = \text{coefficient de qualité}$$

Réalisation :

Z<sub>1</sub> = résistances R<sub>21</sub> à R<sub>28</sub> sélectionnées par S<sub>2</sub> de 1 Ω à 10 MΩ

Z<sub>2</sub> = résistance R<sub>32</sub> variant de 0 Ω à 5000 Ω

C = condensateur C<sub>12</sub> de 0,2 μF

R = résistance R<sub>38</sub> variant de 0 à 220 kΩ

On retrouve pour L<sub>x</sub> et R<sub>x</sub> les mêmes relations que dans le paragraphe précédent, avec les mêmes valeurs d'éléments.

Par contre, dans ce type de pont, c'est le coefficient de qualité Q qui est mesuré.

$$Q = RC\omega \text{ varie de } 0 \text{ à } 220 \times 10^3 \times 0,2 \times 10^{-6} \times 100\pi \neq 13.$$

Le cadran affecté au potentiomètre R<sub>38</sub> (solidaire de R<sub>37</sub>) est gradué de 0 à 13 et donne directement la valeur du coefficient de qualité.

Ayant déterminé L<sub>x</sub> et Q, il est facile de calculer la valeur de la résistance R<sub>x</sub> en série avec L<sub>x</sub>

$$R_x = \frac{L_x \omega}{Q}$$

4.5. - REPRESENTATION SERIE OU PARALLELE D'UNE SELF

Une self peut être représentée comme un circuit série L<sub>s</sub>R<sub>s</sub> ou un circuit parallèle L<sub>p</sub>R<sub>p</sub>. Si l'on désire passer d'une représentation à une autre, il faut considérer que pour une même self les impédances sont égales, ainsi que les angles de pertes.

$$\text{Impédance parallèle } Z_p = \frac{R_p L_p^2 \omega^2 + j R_p^2 L_p \omega}{R_p^2 + L_p^2 \omega^2}$$

$$\text{Impédance série } Z_s = R_s + j L_s \omega$$

en écrivant Z<sub>p</sub> = Z<sub>s</sub> et en égalant partie réelle et imaginaire

$$L_s = L_p \left( \frac{1}{1 + \frac{L_p^2 \omega^2}{R_p^2}} \right) \text{ avec } \frac{L_p^2 \omega^2}{R_p^2} = \text{tg}^2 \Delta$$

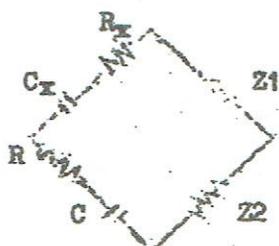
d'où la formule de transformation

$$L_s = L_p \left( \frac{1}{1 + \text{tg}^2 \Delta} \right) = L_p \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{Q^2}} \right)$$

4.6. - MESURE DE CAPACITES DE BONNE QUALITE

La touche C tgA du commutateur de fonction S1 est enfoncée. C'est un pont de Sauty qui est utilisé, dont la représentation figure ci-contre. Le condensateur à mesurer est représenté par un circuit

CxRx série  
 $Z_x = R_x - \frac{j}{C_x \omega}$



A l'équilibre

$$\left(R_x - \frac{j}{C_x \omega}\right) Z_2 = Z_1 \left(R - \frac{j}{C \omega}\right)$$

ce qui entraîne

$$C_x = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot C$$

$$R_x = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot R$$

$\text{tg} \Delta = R_x C_x \omega = R C \omega = \text{angle de pertes}$

$$Q = \frac{1}{R_x C_x \omega} = \frac{1}{R C \omega} = \text{coefficient de qualité}$$

Réalisation :

$Z_1$  = résistances R21 à R28 sélectionnées par S2 de 1  $\Omega$  à 10 M $\Omega$

$Z_2$  = résistance R32 variant de 0 à 5000  $\Omega$

C = condensateur C12 de 0,22  $\mu\text{F}$

ou C13 de 2,2  $\mu\text{F}$  quand S2a (1000  $\mu\text{F}$ ) est enfoncé.

R = résistance R37 variant de 0 à 2200  $\Omega$

Le produit  $Z_2 C$  varie de

a) 0 à  $5000 \times 0,22 \times 10^{-6} = 1100 \times 10^{-6}$

b) 0 à  $5000 \times 2 \times 10^{-6} = 10\,000 \times 10^{-6}$   
 quand S2a (1000  $\mu\text{F}$ ) est enfoncé.

On conserve les graduations de 0,1 à 10 sur le cadran affecté à R32 comme pour les mesures de résistances. Le coefficient étant défini par le commutateur de gammes S2 qui met en service les résistances R21 R22.... R28.

Les capacités sont mesurables

$$a) \quad \text{de } 0 \text{ à } \frac{10000 \times 10^{-6}}{10 \times 10^6 \Omega} = 100 \text{ pF}$$

b) lorsque C13 est en service S2a sur 1000  $\mu\text{F}$

$$\text{de } 0 \text{ à } \frac{10000 \times 10^{-6}}{1 \Omega} \neq 10\,000 \mu\text{F}$$

L'angle de pertes  $\text{tg}\Delta = R\omega C$  varie de  
0 à  $2200 \times 0,22 \times 10^{-6} \times 100 \text{ } \neq 0,13$  soit 13 %

et dans le cas où S2 est sur 1000  $\mu\text{F}$ , il varie de

0 à  $2200 \times 2,2 \times 10^{-6} \times 100 \text{ } = 1,3$ , soit 10 fois plus que précédemment

Le cadran affecté au potentiomètre R37 est gradué de 0 à 13 et donne directement la valeur de l'angle de pertes.

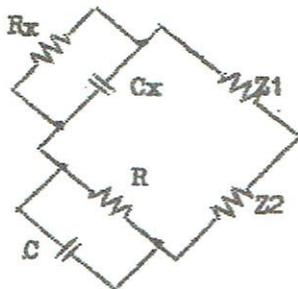
Ayant déterminé  $\text{tg}\Delta$  et  $C_x$ , il est facile de calculer la valeur de la résistance  $R_x$  en série avec  $C_x$ .

$$R_x = \frac{\text{tg}\Delta}{C_x \omega}$$

Lorsque le commutateur de gammes est sur les positions 1,10 ou 1000  $\mu\text{F}$ , le condensateur en essais est soumis à une tension continue de 1,5 V, délivrée par la pile 1,5 V.

#### 4.7. - MESURE DE CAPACITES AYANT UN FAIBLE COEFFICIENT DE QUALITE

La touche C Q du commutateur de fonction S1 est enfoncée. C'est un pont de Wien qui est utilisé dont la représentation figure ci-contre. Le condensateur à mesurer est représenté par un circuit  $R_x C_x$  en parallèle



$$\frac{1}{Z_x} = \frac{1}{R_x} + jC_x \omega$$

A l'équilibre

$$Z_2 \left( \frac{1}{R} + jC\omega \right) = Z_1 \left( \frac{1}{R_x} + jC_x \omega \right)$$

Ce qui entraîne

$$C_x = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot C$$

$$R_x = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot R$$

$$\text{tg} = \frac{1}{R_x C_x \omega} = \frac{1}{RC\omega} \quad \text{angle de pertes}$$

$$Q = R_x C_x \omega = RC\omega = \text{coefficient de qualité}$$

#### Réalisation

$Z_1$  = résistances R21 à R23 sélectionnées par S2 de 1  $\Omega$  à 10 M $\Omega$

$Z_2$  = résistance: R32 variant de 0 à 5000  $\Omega$

C = condensateur C12 de 0,22  $\mu\text{F}$   
ou C13 de 2,2  $\mu\text{F}$  quand S2a (1000  $\mu\text{F}$ ) est enfoncé

R = résistance R38 variant de 0 à 220 k $\Omega$

On retrouve pour  $C_x$  et  $R_x$  les mêmes relations que dans le paragraphe précédent avec les mêmes valeurs d'éléments.

Par contre, dans ce type de pont, c'est le coefficient de qualité Q qui est mesuré.

$Q = R \cdot C \omega$  varie de 0 à  $220 \times 10^3 \times 0,22 \times 10^{-6} \times 100$  ~~13~~ 13.  
Il varie de 0 à 1,3 quand C13 est en service. Ayant déterminé  $C_x$  et Q, il est facile de trouver la résistance  $R_x$  en parallèle sur  $C_x$

$$R_x = \frac{Q}{C_x \omega}$$

Nota : Lorsque le commutateur de gammes est sur les positions 1 - 10 ou 1000  $\mu\text{F}$  le condensateur en essais est soumis à une tension continue de 1,5 V, délivrée par la pile 1,5 V.

#### 4.8 - REPRESENTATION SERIE OU PARALLELE D'UN CONDENSATEUR

Un condensateur peut être représenté par un circuit série ou parallèle. Si l'on désire passer d'une représentation à une autre, il faut considérer que pour un même condensateur les impédances sont égales, ainsi que l'angle de pertes.

$$\text{Impédance parallèle } Z_p = R_p \left( \frac{1 - j R_p C_p \omega}{1 + R_p^2 C_p^2 \omega^2} \right)$$

$$\text{Impédance série } Z_s = R_s - \frac{j}{C_s \omega}$$

en écrivant  $Z_p = Z_s$  et en égalant partie réelle et imaginaire, on tire les formules de transformation

$$C_s = C_p \left( 1 + \frac{1}{R_p^2 C_p^2 \omega^2} \right) \text{ avec } \frac{1}{R_p^2 C_p^2 \omega^2} = \text{tg}^2 \Delta \omega \text{ d'où}$$

$$C_s = C_p (1 + \text{tg}^2 \Delta)$$

#### 4.9. - AMPLIFICATEUR

Le signal de déséquilibre du pont arrive par l'intermédiaire de C1 au "muscleur" composé de Q1 et Q2. Sur R4, apparaît la même tension de déséquilibre, mais à très basse impédance (quelques ohms). C'est à ce potentiel que le blindage de garde est porté pour la mesure des hautes impédances.

Q3 est le premier étage amplificateur. Ensuite, deux diodes CR1 et CR2 sont attaquées par un générateur de courant. Les diodes 1N914 sont choisies pour leur caractéristique logarithmique sur une plage de 60 dB. L'impédance de sortie de Q6 doit être assez grande pour ne pas affecter les variations de charge. Pour ce faire, on utilise un montage "boot strap" pour avoir le niveau repris de courant et une forte impédance de sortie alternative. On charge le collecteur de Q6 par R14 et un montage Darlington composé de Q4 et Q5. Si Q6 travaille dans la partie linéaire de ses caractéristiques, son courant collecteur alternatif est indépendant de la charge de collecteur. On a donc un générateur de courant, proportionnel à la tension d'entrée, et ce générateur débite sur une charge à caractéristique logarithmique par rapport au niveau. La fonction ampli logarithmique est donc bien réalisée.

#### 4.10. - ALIMENTATION STABILISEE

La tension du secteur est appliquée sur le transformateur T1, protégée par le fusible F1. La lampe témoin DS1 indique la mise sous tension.

La tension du secondaire est redressée par les deux diodes CR5 et CR6. Les résistances R40 et R41 limitent le courant de charge dans les diodes. La tension redressée est filtrée par C14 C15 R42. Le fusible F2 assure la protection de Q8 et Q9.

Q8 Q9 et CR7 stabilisent et régulent la tension d'alimentation + 20 V de l'amplificateur.

Un enroulement supplémentaire au secondaire assure l'alimentation du pont en alternatif.

IX317 A

LISTE DE PIÉCES ÉLECTRIQUES  
REPLACEABLE PARTS LIST  
LISTE DER ELEKTRISCHEN EINZELTEILE

I

SYMBÔLE SYMBOL SYMBOL	CARACTERISTIQUES DESCRIPTION WERT	FOURNISSEUR		CODE METRIX METRIX CODE
		SUPPLIER - HERSTELLER		
		NOM - NAME	REFERENCE	
	<b>PILES BATTERIES BATTERIEN</b>			
BT1	1,5 V	METRIX	AL0021	
	<b>CONDENSATEURS CONDENSERS KONDENSATOREN</b>			
C1	0,1 µF 20 % 250 V	COGECO	C280 AE/P100K	01 423 701 112 521
C2	1000 µF 16/18 V	MICRO	CIS 06 102016	01 424 110 141 611
C3	0,1 µF 20 % 250 V	COGECO	C280 AE/P100K	01 423 701 112 521
C4				
C5	2 µF 40 V	L T T	GPE B1 2/40	01 428 720 114 011
C6	500 µF 16/18 V	MICRO	CIS 06 501016	01 424 150 131 611
C7	50 µF 25/30 V	MICRO	CIS 06 500025	01 424 150 122 513
C8	10 µF 25 V	L T T	GPE B2 10/25	01 428 710 122 511
C9	10 µF 25 V	L T T	GPE B2 10/25	01 428 710 122 511
C10	2,2 µF 1 % 160 V	E F C O	FM 4R	01 423 720 111 622
C11	1000 µF 15/18 V	TELEFUNKEN	E F A	01 424 010 141 511
C12	0,22 µF 0,5 %		CPS1	01 423 122 101 621
C14	500 µF 70/80 V	TELEFUNKEN	E F A	01 424 150 137 011
C15	500 µF 70/80 V	TELEFUNKEN	E F A	01 424 150 137 011
C16	0,1 µF 20 % 250 V	COGECO	C280 AE/P100K	01 423 701 112 521
C17	10 µF 25 V	L T T	GPE B2 10/25	01 428 710 122 511
C18	47 000 pF 250 V	COGECO	C280AE/P47K	01 423 747 052 521
	<b>DIODES DIODEN</b>			
CR1		INTERMETALL	1N914	01 820 211 500 018
CR2		INTERMETALL	1N914	01 820 211 500 018
CR3		R T C	SFD 106	01 820 260 600 001
CR4		R T C	SFD 106	01 820 260 600 001
*CR5		INTERMETALL	BY133	01 820 211 500 017
*CR6		INTERMETALL	BY133	01 820 211 500 017
CR7		INTERMETALL	ZD24	01 820 221 500 015
*CR8		INTERMETALL	BY133	01 820 211 500 017
CR9 - CR10	<b>VOYANT PILOT-LIGHT KONTROLLAMPE</b>	ITT		01 820 211 500 018
DS1		METRIX	AA0707	
* A épuisement, ces pièces seront remplacées		par les BY134		01 820 211 500 026

IX 317 A

LISTE DE PIÈCES ÉLECTRIQUES  
REPLACEABLE PARTS LIST  
LISTE DER ELEKTRISCHEN EINZELTEILE

II

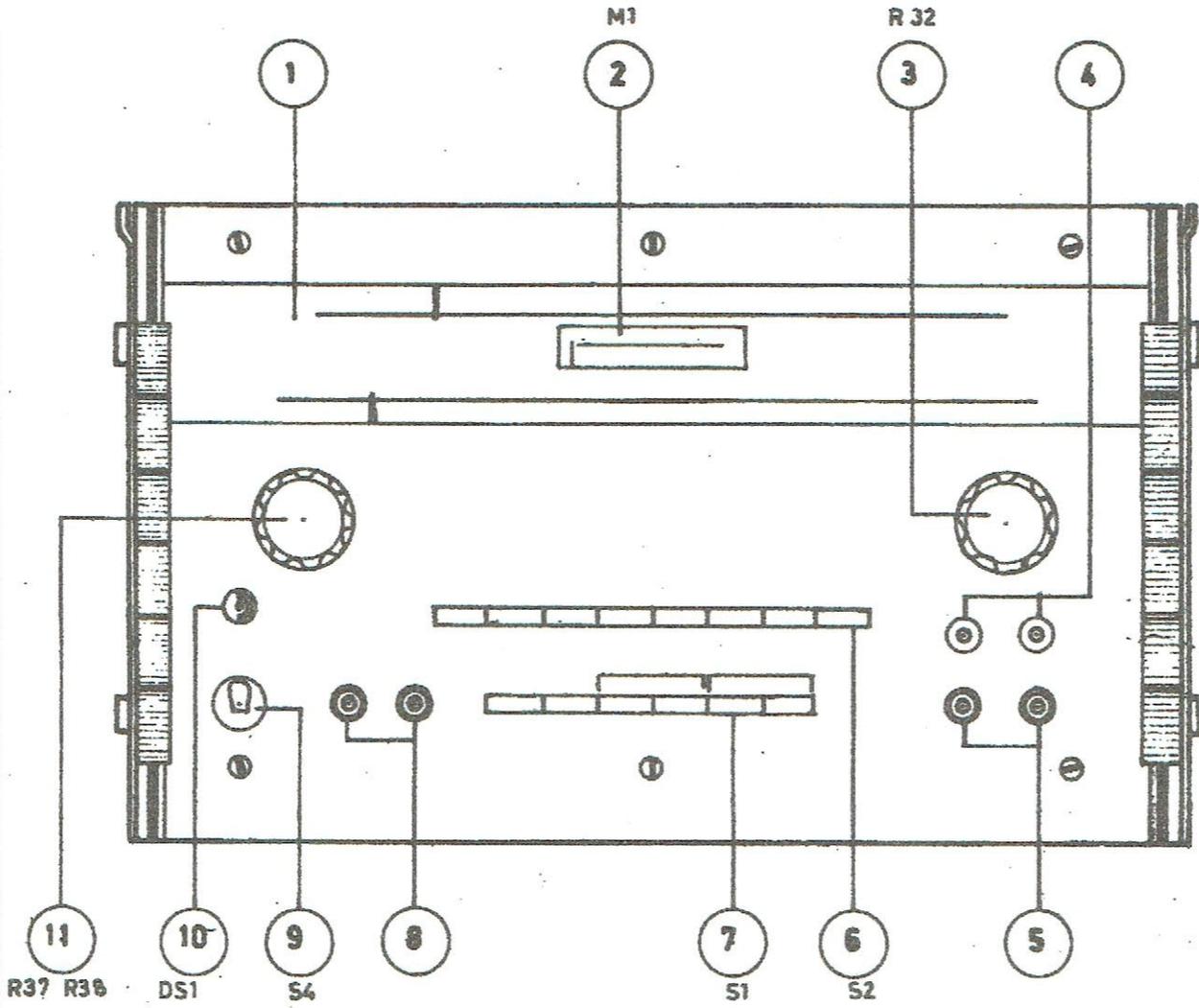
SYMBOLE SYMBOL	CARACTERISTIQUES DESCRIPTION WERT	FOURNISSEUR SUPPLIER - HERSTELLER		CODE METRIX METRIX CODE
		NOM - NAME	REFERENCE	
<b>FUSIBLES FUSES - SICHERUNGEN</b>				
F1a	0,05 A	METRIX	AA0677	
F2	0,05 A		AA0677	
F1b	0,1 A		AA0660	
<b>TRANSISTORS TRANSISTOREN</b>				
Q1		TEXAS	2N 3819	01 821 031 160 001
Q2		MOTOROLA	2N 4126	01 821 211 140 002
Q3		INTERMETALL	BC 171 B	01 821 221 140 015
Q4			"	
Q5			"	
Q6			"	
Q7			"	
Q8			"	
Q9		INTERMETALL	BSY 51	01 821 223 140 004
<b>RESISTANCES WIDERSTÄNDE</b>				
R1	20 kΩ 2 % 1 W	METRIX	Type 11	00 211 502 000 232
R2	22 kΩ	R T C	E086BC/22K	01 241 002 200 403
R3	20 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 302 000 151
R4	2,4 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 351 000 051
R5	510 Ω 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 351 000 051
R6	10 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 301 800 151
R7	1 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 100 251
R8	300 Ω 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 330 000 051
R9	10 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 301 000 151
R10	4,7 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 470 151
R11	10 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 301 000 151
R12	4,7 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 470 151
R13	470 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 347 000 151
R14	470 Ω 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 347 000 051
R15	470 Ω 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 347 000 051
R16	1 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 100 251
R17	3 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 300 151
R18	1 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 750 151
R19	7,5 kΩ 5 % 1/3 W	BEYSCHLAG	B3	01 213 300 750 151
R20	10 kΩ 5 % 1/3 W	R T C		01 241 001 000 411
R21	1 Ω 0,5 %	METRIX	LDO306	
R22	10 Ω 0,5 %	METRIX	LDO327	
R23	100 Ω 0,5 % 1/8 W	METRIX	Type 8	00 211 210 000 021
R24	1 kΩ 0,5 % 1/8 W	"	"	00 211 200 100 121

IC 3.1832

## REPLACABLE PARTS LIST

## LISTE DER ELEKTRISCHEN EINZELTEILE

SYMBOLE SYMBOL SYMBOL	CARACTERISTIQUES DESCRIPTION		FOURNISSEUR SUPPLIER - HERSTELLER		CODE METRIX
	WERT		NOM	NAME	REFERENCE
	RESISTANCES WIDERSTÄNDE				
R25	10 kΩ	0,5 %	METRIX		LD0328
R26	100 kΩ	0,5 % 1/8 W	METRIX		Type 8
R27	1 MΩ	0,5 % 1/2 W	METRIX		Type 10
R28	10 MΩ	0,5 % 1 W	METRIX		" 11
R29	100 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R30	22,4 kΩ	0,5 % 1/8 W	METRIX		Type 8
R31					
R32	5 kΩ	2 %	METRIX		UA0413
R33					
R34	21,9 kΩ	0,5 % 1/8 W	METRIX		" 8
R35	390 Ω	0,5 % 1/8 W	BEYSCHLAG		B3
R36	3,9 kΩ	0,5 % 1/8 W	BEYSCHLAG		B3
R37	2 200 Ω et 220 kΩ		METRIX		UA0414 MP41
R38					
R39	110 kΩ	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R40	10 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R41	10 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R42	510 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R43	510 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R44	10 kΩ	20 %	PIRELL		9 1 - 9815
**					
	CONTACTEURS CONTACT. UNIT. SCHALTER				
S1			METRIX		KE0716
S2			METRIX		KE0715
S3			METRIX		XK80674
S4			METRIX		AA0017
	TRANSFORMATEURS TRANSFORMERS TRANSFORMATORREN				
T1			METRIX		LA1336
**					
R45	470 Ω	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R46	10 kΩ	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3
R47	100 Ω	20 %	R T C		BOB88D/100E
R48	1 kΩ	20 %	R T C		BOB88D/1K
R49	100 kΩ	5 % 1/3 W	BEYSCHLAG		B3



- 1 - Cadran de lecture, comprend deux échelles :  
1'une destinée à la mesure de  $\text{tg}\Delta$  et de Q  
1'autre affectée à la mesure de l'élément inconnu.
- 2 - Galvanomètre pour la recherche de l'équilibre du pont.
- 3 - X Commande permettant de rechercher l'équilibre du pont. Elle déplace l'aiguille inférieure du cadran de lecture.
- 4 - GARDE. Prises permettant de placer le boîtier de garde pour la mesure des éléments de forte valeur.
- 5 - - X + Prises réservées pour le branchement de l'élément à mesurer. Les polarités sont à respecter lors du branchement d'un condensateur polarisé.
- 6 - Sélecteur de gamme.
- 7 - Sélecteur de fonction.
- 8 - - ETALON + . Prises réservées pour le branchement d'un étalon lors de l'utilisation de l'appareil en pont de comparaison. Les polarités sont à respecter lors du branchement d'un condensateur polarisé.
- 9 - M. Interrupteur de mise en marche.
- 10 - Voyant indicateur de mise sous tension.
- 11 - Q -  $\text{tg} - \Delta$  Commande permettant de rechercher l'équilibre du pont lors de la mesure de capacités et d'inductances. Elle déplace l'aiguille supérieure du cadran de lecture.

- 1 - Skalenplatte : obere Skala für die Ablesung von  $\text{tg}\Delta$  und Q.  
untere Skala für die Ablesung von X und %.
- 2 - Drehspulinstrument zur Anzeige des Brückenabgleiches.
- 3 - Antriebsknopf X, gekuppelt mit dem Zeiger der unteren Skala.
- 4 - Anschlussbuchsen für das Abschirmkabel.
- 5 - Buchsen - X + zum Anschluss des Messlings. Beim Anschluss von Elektrolytkondensatoren ist die Polarität zu beachten.
- 6 - Messbereichswahlstasten.
- 7 - Brückenfunktionstasten.
- 8 - Buchsen + NORMAL - zum Anschluss des Vergleichsnormalies. Bei Anschluss von Elektrolytkondensatoren ist die Polarität zu beachten.
- 9 - Netzschalter.
- 10 - Netzkontrollleuchten.
- 11 - Antriebsknopf Q -  $\text{tg}\Delta$  - zum Abgleich der Verlustkomponente bei Kapazitäts- und Induktanzenmessungen, gekuppelt mit dem Zeiger der oberen Skala.

CONTACTEUR ROS SCHALTERSTELLE	FONCTION FUNKTION
S1a 1-2-3-4	%
S1b 1	R
S1c 1-4	Ls tg δ
S1d 1/2	L p Q
S1e 1-2-3-4	Cs tg δ
S1f 1-2-3-4	C p Q

GAMMES - BEREICHE	
S2a 1-2-3-4	100mΩ. 100mH. 100pF
S2b 1-4	1Ω. 1mH. 10pF
S2c 1-4	10Ω. 10mH. 1pF
S2d 1	100Ω. 100mH. 100nF
S2e 1	1kΩ. 1H. 10nF
S2f 1	10kΩ. 10H. 1nF
S2g 1	100kΩ. 100H. 100pF
S2h 1, 2, 3, 4	10MΩ. 1000H. 10pF

S3	1	110-115V
S3	2	127V
S3	3	220-230V

NOTA Les touches sont representees pour assurer la fonction mesure de resistance ~~400mA~~ tension d'alimentation 110/115V

S4	1	ARRET_AUS
	2	MARCHE_EIN

ANMERKUNG Die gezeichnete Tastenstellung gilt für die Widerstandsmessung auf dem Bereiche 100mΩ Netzspannungswahler auf 110.115V



